

Republic of Ecuador

EDICT OF GOVERNMENT

In order to promote public education and public safety, equal justice for all, a better informed citizenry, the rule of law, world trade and world peace, this legal document is hereby made available on a noncommercial basis, as it is the right of all humans to know and speak the laws that govern them.



NTE INEN 1573 (2010) (Spanish): Hormigón de cemento hidráulico. Determinación de la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de hormigón de cemento hidráulico.

BLANK PAGE





INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

NTE INEN 1 573:2010
Primera revisión

HORMIGÓN DE CEMENTO HIDRÁULICO. DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE HORMIGÓN DE CEMENTO HIDRÁULICO.

Primera Edición

STANDARD TEST METHOD FOR COMPRESSIVE STRENGTH OF CYLINDRICAL CONCRETE SPECIMENS.

First Edition

DESCRIPTORES: Materiales de construcción y edificación, materiales y productos minerales, áridos para hormigón, contenido de arcilla, ensayo .

CO 02.10-301
CDU: 691.32:620.173
CIU: 3699
ICS: 91.100.30

Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria	HORMIGÓN DE CEMENTO HIDRÁULICO. DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE HORMIGÓN DE CEMENTO HIDRÁULICO.	NTE INEN 1 573:2010 Primera revisión 2010-06
---	--	---

Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN – Casilla 17-01-3999 – Baquerizo Moreno E8-29 y Almagro – Quito-Ecuador – Prohibida la reproducción

1. OBJETO

1.1 Esta norma establece el método de ensayo para determinar la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de hormigón de cemento hidráulico.

2. ALCANCE

2.1 Este método de ensayo se aplica a especímenes cilíndricos tales como cilindros moldeados y núcleos perforados de hormigón de cemento hidráulico, que tengan una densidad mayor que 800 kg/m³.

2.2 Este método de ensayo se utiliza para determinar la resistencia a compresión de especímenes cilíndricos de hormigón de cemento hidráulico, preparados y curados de acuerdo con las normas ASTM C 31, ASTM C 192, ASTM C 617, ASTM C 1 231, ASTM C 42 y ASTM C 873, mientras no existan normas INEN.

2.3 Los resultados de este método de ensayo se utilizan como base para: control de calidad de la dosificación del hormigón, operaciones de mezclado y colocación; determinación del cumplimiento con las especificaciones, control para evaluación de la efectividad de aditivos y usos similares.

3. DISPOSICIONES GENERALES

3.1 Se debe tener cuidado en la interpretación del significado de la determinación de la resistencia a la compresión con los procedimientos de este método de ensayo, puesto que la resistencia no es una propiedad fundamental o intrínseca del hormigón elaborado con materiales dados. Los valores obtenidos dependerán del tamaño y la forma del espécimen, dosificación, procedimientos de mezclado, métodos de muestreo, moldeado o fabricación y de la edad, temperatura y condiciones de humedad durante el curado

3.2 El texto de esta norma hace referencia a notas en pie de página, las cuales proveen material explicativo y no deben ser consideradas como requisitos de esta norma.

3.3 Esta norma no tiene el propósito de contemplar todo lo concerniente a seguridad, si es que hay algo asociado con su uso. Es responsabilidad del usuario de esta norma establecer prácticas apropiadamente saludables y seguras y determinar la aplicabilidad de las limitaciones reguladoras antes de su uso.

3.4 La persona que ensaye los cilindros para aceptación del hormigón, debe cumplir con los requisitos de técnico de laboratorio de hormigón de la norma ASTM C 1 077 y aprobar un examen que demuestre su desempeño, el cual es evaluado por un instituto superior o equivalente (ver nota 1).

3.5 **Advertencia.** Se debe proveer de los medios para detener los fragmentos de hormigón durante la rotura explosiva de especímenes. La tendencia a una rotura explosiva se incrementa con el aumento de la resistencia del hormigón y es más probable cuando la máquina de ensayo es relativamente flexible. Se recomiendan las precauciones de seguridad dadas en el Manual of Aggregate and Concrete Testing de la ASTM.

NOTA 1. Se puede cumplir con este requisito, con una certificación equivalente a la de Técnico de Resistencia de Hormigón del ACI.

(Continúa)

DESCRIPTORES: Materiales de construcción y edificación, materiales y productos minerales, áridos para hormigón, contenido de arcilla, ensayo.

4. MÉTODO DE ENSAYO

4.1 Resumen. Este método de ensayo consiste en aplicar una carga axial de compresión a los cilindros moldeados o núcleos de hormigón de cemento hidráulico a una velocidad que se encuentra dentro de un rango definido hasta que ocurra la falla del espécimen. La resistencia a la compresión de un espécimen se calcula dividiendo la carga máxima alcanzada durante el ensayo para el área de la sección transversal del espécimen.

4.2 Equipos

4.2.1 Máquina de ensayo. La máquina de ensayo debe tener suficiente capacidad y disponer de las velocidades de carga descritas en el numeral 4.4.5.

4.2.1.1 Se debe verificar la calibración de las máquinas de ensayo, de acuerdo con la norma ASTM E 4, excepto en la verificación de rangos de carga requeridos en numeral 4.2.3. La verificación debe realizarse:

- a) Por lo menos una vez al año, sin exceder los 13 meses,
- b) En la instalación inicial o inmediatamente después de un traslado,
- c) Inmediatamente después de efectuar reparaciones o ajustes que afecten la operación del sistema de aplicación de fuerza o los valores mostrados en el sistema de indicación de carga, excepto en los ajustes a cero que es compensado por la masa de los bloques de carga o probetas, o ambos, o
- d) Cada vez que exista una razón para sospechar de la precisión de las cargas indicadas.

4.2.1.2 Diseño. El diseño de la máquina debe incluir las siguientes características:

- a) La máquina debe ser operada con energía eléctrica y debe aplicar la carga continuamente, no de forma intermitente y sin producir impacto. Si esta solo tiene una velocidad de carga (cumpliendo los requisitos del numeral 4.4.5), debe estar provista con un medio suplementario para aplicar la carga a una velocidad que pueda ser verificada. Este medio suplementario de carga puede ser operado con energía eléctrica o manualmente.
- b) El espacio provisto para los especímenes de ensayo debe ser lo suficientemente grande para acomodar, en una posición que permita leer y operar, un equipo de calibración elástico que tenga suficiente capacidad para cubrir el rango de carga potencial de la máquina de ensayo y que cumpla con los requisitos de la norma ASTM E 74 (ver nota2).

4.2.1.3 Precisión. La precisión de la máquina de ensayo debe cumplir con las siguientes disposiciones:

- a) El porcentaje de error para las cargas dentro del rango de uso propuesto para la máquina de ensayo, no debe exceder de $\pm 1,0\%$ de la carga indicada.
- b) Se debe verificar la precisión de la máquina de ensayo aplicando cinco ensayos de carga en orden ascendente, en cuatro incrementos aproximadamente iguales. La diferencia entre dos ensayos de carga sucesivos cualquiera, no debe exceder de un tercio de la diferencia entre las cargas de ensayos máxima y mínima.
- c) La carga indicada por la máquina de ensayo y la carga aplicada determinada a partir de las lecturas del equipo de verificación deben ser registradas en cada punto del ensayo. Calcular el error, E, y el porcentaje de error, E_p , para cada punto de la siguiente manera:

$$E = A - B \quad (1)$$

$$E_p = 100 (A - B)/B$$

NOTA 2. Los tipos de equipo de calibración elásticos generalmente disponibles y más comúnmente utilizados para este propósito son los anillos circulares de calibración o las celdas de carga.

(Continúa)

Donde:

A = carga indicada por la máquina que es verificada (kN), y
B = la carga aplicada determinada por el equipo de calibración (kN)

- d) El informe sobre la verificación de una máquina de ensayo debe establecer el rango de carga dentro del cual cumple con los requisitos de la norma, en lugar de informar una aceptación o un rechazo generales. En ningún caso se debe declarar el rango de carga incluyendo cargas por debajo del valor 100 veces más pequeño que la carga estimable en el mecanismo indicador de carga de la máquina de ensayo o cargas dentro de la porción del rango por debajo del 10% de la capacidad máxima del rango.
- e) En ningún caso debe ser declarado el rango de carga incluyendo cargas fuera del rango de las cargas aplicadas durante el ensayo de verificación.
- f) No se debe corregir la carga indicada por una máquina de ensayo ni por cálculos ni por el uso de un diagrama de calibración para obtener valores dentro de la variación admisible requerida.

4.2.2 La máquina de ensayo debe estar equipada con dos bloques de carga de acero con caras endurecidas (ver nota 3), uno de los cuales es un bloque esférico que se apoya sobre la superficie superior del espécimen y el otro es un bloque sólido sobre el cual se asienta el espécimen. Las caras de contacto de los bloques de carga deben tener una dimensión mínima de al menos 3% mayor que el diámetro del espécimen a ser ensayado. Excepto para los círculos concéntricos descritos abajo, las caras de apoyo de los bloques con diámetro de 150 mm o mayor, no deben desviarse de la condición de plano por más de 0,02 mm a lo largo de los 150 mm o por más de 0,02 mm en el diámetro de cualquier bloque más pequeño y los bloques nuevos deben ser fabricados con la mitad de esta tolerancia. Cuando el diámetro de la cara del bloque de carga esférico excede el diámetro del espécimen por más de 13 mm, deben estar inscritos círculos concéntricos de no más de 0,8 mm de profundidad y no más de 1 mm de ancho, para facilitar un centrado adecuado.

4.2.2.1 Los bloques de carga inferior deben cumplir los siguientes requisitos:

- a) El bloque de carga inferior está especificado con el objetivo de proveer una superficie que se la pueda maquinar fácilmente para realizar el mantenimiento de las condiciones de superficie especificadas (ver nota 4). Las superficies superior e inferior deben ser paralelas entre sí. Si la máquina de ensayo está diseñada de manera que la platina se mantenga fácilmente por sí sola en la condición especificada para la superficie, no se requiere un bloque inferior. Su dimensión horizontal mínima debe ser por lo menos 3% mayor que el diámetro del espécimen a ser ensayado. Los círculos concéntricos descritos en el numeral 4.2.2 son opcionales en el bloque inferior.
- b) El centrado final del espécimen debe ser realizado con respecto al bloque esférico superior. Cuando se utiliza el bloque de carga inferior para ayudar en el centrado, el centro de los círculos concéntricos, cuando existan, o el centro del bloque en sí mismo debe estar directamente debajo del centro de la cabeza esférica. Se deben tomar precauciones respecto a la platina de la máquina para asegurar tal posición.
- c) El bloque de carga inferior, cuando es nuevo, debe tener un espesor de al menos 25 mm y después de cualquier operación de maquinado, un espesor de al menos 22,5 mm.

4.2.2.2 El bloque de carga esférico debe cumplir los siguientes requisitos:

- a) El diámetro máximo de la cara de contacto del bloque esférico de carga suspendido no debe exceder los valores de la tabla 1 (ver nota 5).

NOTA 3. Es conveniente que las caras de carga de los bloques utilizados para el ensayo de compresión del hormigón, posean una dureza Rockwell mayor o igual a HRC 55.

NOTA 4. El bloque puede ser asegurado a la platina de la máquina de ensayo.

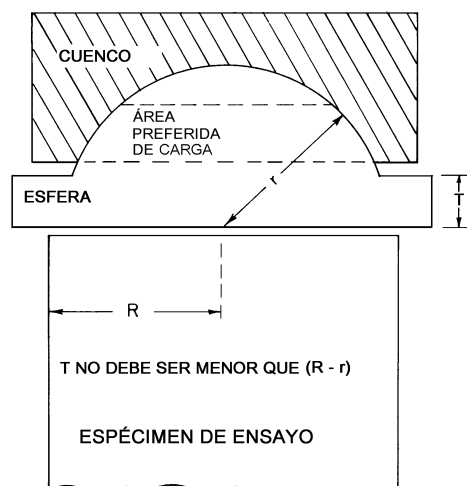
NOTA 5. Se permiten las caras de contacto cuadradas, si el diámetro del círculo inscrito más grande posible no excede los diámetros de la tabla 1.

(Continúa)

TABLA 1. Diámetro máximo de la cara de contacto del bloque de carga esférico

Diámetro de los especímenes de ensayo (mm)	Diámetro máximo de la cara de contacto (mm)
50	105
75	130
100	165
150	255
200	280

- b) El centro de la esfera debe coincidir con la superficie de la cara de contacto dentro de una tolerancia de $\pm 5\%$ del radio de la esfera. El diámetro de la esfera debe ser al menos el 75% del diámetro del espécimen a ser ensayado.
- c) La esfera y el cuenco deben ser diseñados de tal manera que el acero, en el área de contacto, no los deformen permanentemente cuando sea cargada a la capacidad de la máquina de ensayo (ver nota 6).
- d) Las superficies curvas del cuenco y de la parte esférica, se deben mantener limpias y lubricadas con un aceite en base de petróleo como el aceite convencional para motores y no con grasa de presión. No es conveniente que después del contacto con el espécimen y de la aplicación de una pequeña carga inicial, exista una inclinación en el bloque de carga esférico.
- e) Si el radio de la esfera es más pequeño que el radio del espécimen más grande a ser ensayado, la parte de la cara de contacto que se extiende más allá de la esfera debe tener un espesor no menor que la diferencia entre el radio de la esfera y el radio del espécimen. La dimensión mínima de la cara de contacto debe ser al menos tan grande como el diámetro de la esfera (ver figura 1).

FIGURA 1. Gráfico de un bloque de carga esférico típico

NOTA. Se deben tomar precauciones para mantener la esfera en el cuenco y para mantener la unidad entera en la máquina de ensayo

- f) La parte móvil del bloque de carga, se debe mantener ajustada al apoyo esférico, pero el diseño debe ser tal que la cara de contacto pueda rotar libremente e inclinarse al menos 4° en cualquier dirección.

NOTA 6. El área de contacto más favorable es en forma de aro (descrita como área de "carga" preferida) como se muestra en la figura 1.

(Continúa)

g) Si la parte del bloque de carga superior donde va la esfera está diseñada con dos piezas, compuesto de una parte esférica y una placa de carga, este debe estar provisto de un mecanismo que asegure que la parte esférica esté fija y centrada sobre la placa de carga.

4.2.3 Indicador de carga:

4.2.3.1 Si la carga aplicada por la máquina de compresión es registrada en un dial, el dial debe tener una escala graduada que pueda ser leída al menos, al 0,1% más cercano de la carga total de la escala (ver nota 7). El dial debe ser legible dentro del 1% de la carga indicada a cualquier nivel de carga dada, dentro del rango de carga. En ningún caso, el rango de cargas de un dial debe ser considerado para incluir cargas bajo un valor 100 veces el más pequeño cambio de carga que pueda ser leído en la escala. La escala debe estar provista con una línea de graduación que señale el cero y así numerada. El puntero del dial debe ser de suficiente longitud para alcanzar las marcas de graduación; el ancho del extremo del puntero no debe exceder la distancia libre entre las graduaciones más pequeñas. Cada dial debe estar equipado con un ajuste a cero que sea fácilmente accesible desde el exterior de la caja del dial y con un dispositivo adecuado que en todo momento, hasta que sea encerado, indique la carga máxima aplicada al espécimen con una precisión dentro del 1%.

4.2.3.2 Si la carga de la máquina de ensayo es indicada en forma digital, el visor numérico debe ser lo suficientemente grande para ser leído fácilmente. El incremento numérico debe ser igual o menor que el 0,10% de la carga total de la escala de un rango de cargas dado. En ningún caso, el rango de cargas verificado debe incluir cargas menores que el menor incremento numérico multiplicado por 100. La precisión de la carga indicada debe estar dentro del 1,0% de cualquier valor visualizado dentro del rango de carga verificado. Se debe tomar precauciones para hacer los ajustes que indiquen el verdadero cero a una carga cero. Debe estar provisto de un indicador de carga máxima que en todo momento, hasta que sea encerado, indique la carga máxima aplicada al espécimen dentro del 1% de la precisión del sistema.

4.3 Especímenes

4.3.1 Los especímenes no deben ser ensayados si cualquier diámetro individual de un cilindro difiere de cualquier otro diámetro del mismo cilindro en más del 2% (ver nota 8).

4.3.2 Antes de ser ensayados, ningún extremo de los especímenes de ensayo debe apartarse de la perpendicularidad a los ejes en más de $0,5^\circ$ (aproximadamente equivalente 1 mm en 100 mm). Los extremos de los especímenes para ensayo de compresión que no estén planos dentro de 0,050 mm deben ser cortados o limados para cumplir esta tolerancia o se deben refrentar con mortero de azufre de acuerdo con la norma ASTM C 617 o, cuando se permita, con la norma ASTM C 1 231. El diámetro utilizado para calcular el área de la sección transversal del espécimen de ensayo debe determinarse con una aproximación de 0,25 mm promediando dos diámetros medidos alrededor de la altura media del espécimen y que formen ángulos rectos entre sí.

4.3.3 Se permite reducir el número de cilindros individuales medidos para determinación del diámetro promedio, a uno por cada diez especímenes o tres especímenes por día, el que sea mayor, si se conoce que todos los cilindros han sido fabricados de un solo lote de moldes reusables o moldes para un solo uso, que siempre producen especímenes de diámetros promedio dentro de un rango de 0,5 mm. Cuando los diámetros promedio no caen dentro del rango de 0,5 mm o cuando los cilindros no están fabricados de un solo lote de moldes, el diámetro de cada cilindro ensayado debe ser medido y este valor utilizado en el cálculo de la resistencia a la compresión unitaria de ese espécimen.

NOTA 7. Se considera que lo más preciso que se puede leer es 0,5 mm a lo largo del arco descrito por el extremo de la aguja. También lo más cerca que se puede leer razonablemente, cuando el espaciamiento del mecanismo indicador de carga está entre 1 mm y 2 mm, es alrededor de la mitad del intervalo de la escala. Cuando el espaciamiento está entre 2 mm y 3 mm, un tercio del intervalo de carga puede ser leído con razonable certeza. Cuando el espaciamiento es 3 mm o más, un cuarto del intervalo de carga puede ser leído con razonable certeza.

NOTA 8. Esto puede ocurrir cuando los moldes que son para un solo uso se dañan o deforman durante el envío, cuando los moldes flexibles que son para un solo uso se deforman durante el moldeo o cuando un extractor de núcleos se desplaza o desvía durante la perforación.

(Continúa)

4.3.4 Si el usuario de los servicios de ensayo solicita la medición de la densidad de los especímenes de ensayo, se debe retirar cualquier humedad superficial mediante una toalla para luego determinar la masa de los especímenes antes del refrentado. Determinar la masa del espécimen utilizando una balanza que tenga una precisión dentro del 0,3% de la masa que está siendo medida. Medir la longitud del espécimen con una precisión de 1 mm en tres posiciones espaciadas regularmente alrededor de la circunferencia. Calcular la longitud promedio y registrarla con una precisión de 1 mm. Alternativamente, determinar la densidad del cilindro registrando la masa del cilindro en el aire y luego, sumergido en el agua a $23,0\text{ °C} \pm 2,0\text{ °C}$ y calcular el volumen de acuerdo al numeral 4.5.3.1.

4.3.5 Cuando no se requiere la determinación de la densidad y la relación de la longitud al diámetro es menor que 1,8 o mayor que 2,2, medir la longitud del espécimen con una aproximación de 0,05 D.

4.4 Procedimiento

4.4.1 Se deben realizar los ensayos de compresión de especímenes curados en húmedo, tan pronto como sea posible luego de extraerlos del almacenamiento húmedo.

4.4.2 Los especímenes deben ser ensayados en condición húmeda. Se deben mantener húmedos utilizando cualquier método conveniente durante el período comprendido entre la remoción del almacenamiento húmedo y el ensayo.

4.4.3 Todos los especímenes de ensayo para una edad de ensayo dada, deben romperse dentro de las tolerancias de tiempo admisibles, señaladas en la tabla 2:

TABLA 2. Tolerancia de tiempo admisible para el ensayo de especímenes

Edad de ensayo	Tolerancia admisible
24 horas	$\pm 0,5\text{ h}$ o 2,1%
3 días	2 horas o 2,8%
7 días	6 horas o 3,6%
28 días	20 horas o 3,0%
90 días	2 días o 2,2%

4.4.4 Colocación del espécimen. Colocar el bloque de carga plano (inferior), con su cara endurecida hacia arriba, sobre la mesa o platina de la máquina de ensayo directamente bajo del bloque de carga esférico (superior). Limpiar las caras de contacto de los bloques superior e inferior y del espécimen de ensayo y colocar el espécimen de ensayo sobre el bloque de carga inferior. Cuidadosamente alinear el eje del espécimen con el centro de carga del bloque de carga esférico.

4.4.4.1 Verificación del ajuste a cero y asentamiento del bloque. Previo al ensayo del espécimen, verificar que el indicador de carga esté ajustado a cero. En los casos en los que el indicador no está adecuadamente colocado en cero, ajustar el indicador (ver nota 9). Puesto que se lleva el bloque de carga esférico hasta apoyar sobre el espécimen, girar con la mano y suavemente su parte móvil de tal modo de obtener un asentamiento uniforme.

4.4.5 Velocidad de carga. Aplicar la carga continuamente y sin impacto.

4.4.5.1 La carga debe ser aplicada a una velocidad de movimiento (medida desde la platina a la cruceta) correspondiente a una velocidad de esfuerzo sobre el espécimen de $0,25 \pm 0,05\text{ MPa/s}$ (ver nota 10). Se debe mantener la velocidad de movimiento señalada al menos durante la última mitad de la fase de la carga esperada.

NOTA 9. La técnica utilizada para verificar y ajustar el indicador de carga a cero puede variar dependiendo del fabricante de la máquina. Consultar el manual del propietario o al calibrador de la máquina de compresión para una técnica adecuada.

NOTA 10. Para una máquina de ensayo milimétrica o de desplazamiento controlado, será necesario un ensayo preliminar para establecer la velocidad de movimiento requerida para lograr la velocidad de esfuerzo especificada. La velocidad de movimiento requerida dependerá del tamaño del espécimen de ensayo, del módulo elástico del hormigón y de la rigidez de la máquina de ensayo.

(Continúa)

4.4.5.2 Se permite una velocidad de carga mayor durante la aplicación de la primera mitad de la fase de carga esperada. La velocidad de carga mayor debe ser aplicada de manera controlada de modo tal que el espécimen no esté sometido a una carga de impacto.

4.4.5.3 No se debe hacer ajustes en la velocidad de movimiento (desde la platina a la cruceta) cuando la carga última está siendo alcanzada y la velocidad de esfuerzo decrece debido a la fisuración en el espécimen.

4.4.6 Aplicar la carga de compresión hasta que el indicador de carga muestre que está decreciendo constantemente y el espécimen muestre un patrón de fractura bien definido (Tipos 1 a 4 en la figura 2 del Anexo A). Para una máquina de ensayo equipada con un detector de rotura de espécimen, no se permite el apagado automático de la máquina de ensayo hasta que la carga haya decrecido hasta un valor menor al 95% de la carga máxima. Cuando se ensaya con cabezales con almohadillas no adherentes (neoprenos), puede ocurrir una fractura en la esquina, similar a los modelos tipo 5 o 6 mostrados en la figura 2 del Anexo A, antes que se haya alcanzado la capacidad última del espécimen, en estos casos se debe continuar comprimiendo el espécimen hasta que el laboratorista esté seguro de que se ha alcanzado la capacidad última. Registrar la carga máxima soportada por el espécimen durante el ensayo y anotar el tipo de modelo de fractura de acuerdo a la figura 2 del Anexo A. Si el modelo de fractura no es uno de los modelos típicos mostrados en la figura 2 del Anexo A, dibujar y describir brevemente el modelo de fractura. Si la resistencia obtenida es menor de lo esperado, examinar el hormigón fracturado y anotar la presencia de grandes cavidades de aire, evidencia de segregación, comprobar si las fracturas pasan predominantemente alrededor o a través de las partículas de árido grueso y verificar si la preparación de los extremos del cilindro fue realizada de acuerdo con las normas ASTM C 617 o ASTM C 1 231.

4.5 Cálculos

4.5.1 Calcular la resistencia a la compresión del espécimen dividiendo la carga máxima soportada por el espécimen durante el ensayo, para el promedio del área de la sección transversal, determinada como se describe en el numeral 4.3 y expresar el resultado con una aproximación a 0,1 MPa.

4.5.2 Si la relación de la longitud al diámetro del espécimen es de 1,75 o menos, corregir el resultado obtenido en el numeral 4.5.1 multiplicando por el factor de corrección apropiado mostrado en la tabla 3 (ver nota 11).

TABLA 3. Factor de corrección según la relación de longitud al diámetro del espécimen

L/D	1,75	1,50	1,25	1,00
Factor:	0,98	0,96	0,93	0,87

4.5.2.1 Para determinar los factores de corrección para los valores L/D intermedios entre los valores dados en la tabla 3, se debe interpolar.

4.5.3 Cuando se ha solicitado, calcular la densidad del espécimen con una aproximación de 10 kg/m³, utilizando la siguiente ecuación:

$$\text{Densidad} = \frac{W}{V} \quad (2)$$

Donde:

W = Masa del espécimen en kg, y

V = Volumen del espécimen, calculado a partir del diámetro promedio y la longitud promedio, o determinado mediante la obtención de su masa al aire y sumergido, en m³.

NOTA 11. Los factores de corrección dependen de varias condiciones tales como condiciones de humedad, resistencia y módulo de elasticidad. En la tabla se dan los valores promedio. Estos factores de corrección se aplican al hormigón de baja densidad entre 1 600 kg/m³ y 1 920 kg/m³ y al hormigón de densidad normal. Estos son aplicables al hormigón seco o húmedo al momento de la carga y para resistencias nominales del hormigón en un rango de 14 MPa a 42 MPa. Para resistencias mayores a 42 MPa los factores de corrección pueden ser mayores que los valores mostrados en la tabla. Revisar Bartlett, F.M. y MacGregor, J.G., "Effect of Core Length-to-Diameter Ratio on Concrete Core Strength," ACI Materials Journal, Vol 91, N° 4, Julio-Agosto, 1994, páginas: 339-348.

4.5.3.1 Cuando el volumen sea determinado mediante la obtención de su masa sumergida, calcular el volumen de la siguiente manera:

$$V = \frac{W - W_s}{\gamma_w} \quad (3)$$

Donde:

W_s = Masa aparente del espécimen sumergido, en kg, y

γ_w = Densidad del agua a 23 °C = 997,5 kg/m³.

4.6 Informe de resultados. Se debe elaborar un informe de resultados que contenga al menos lo siguiente:

- a) Laboratorio y fecha de ensayo,
- b) Número de identificación,
- c) Diámetro (y longitud, si se encuentra fuera del rango de 1,8 *D* a 2,2 *D*), en milímetros,
- d) Área de la sección transversal, en milímetros cuadrados,
- e) Carga máxima, en kilonewtons,
- f) Resistencia a la compresión calculada con una aproximación de 0,1 MPa,
- g) Tipo de fractura, si es diferente que el cono habitual (ver figura 2 del Anexo A),
- h) Defectos en cada espécimen o refrentado,
- i) Edad del espécimen, y,
- j) Densidad, cuando se lo determine, con una aproximación de 10 kg/m³.
- k) Observaciones: señalar responsabilidades sobre los procedimientos de muestreo, transporte y curado de especímenes, además de cualquier variación a los procedimientos señalados en esta norma.

4.7 Precisión y desviación

4.7.1 Precisión.

4.7.1.1 Precisión dentro del ensayo. La tabla 4 proporciona la precisión dentro del ensayo en ensayos de cilindros de 150 mm por 300 mm y de 100 mm por 200 mm moldeados de una muestra de hormigón correctamente mezclada en condiciones de laboratorio y en condiciones de campo (ver el numeral 4.7.1.2).

TABLA 4. Precisión dentro del ensayo

	Coeficiente de variación (ver nota 12)	Rango aceptable de variación de resistencia de cilindros individuales (ver nota 12)	
		2 cilindros	3 cilindros
Cilindros de 150 por 300 mm			
Condiciones de laboratorio	2,4%	6,6%	7,8%
Condiciones de campo	2,9%	8,0%	9,5%
Cilindros de 100 por 200 mm			
Condiciones de laboratorio	3,2%	9,0%	10,6%

NOTA 12. Estos números representan respectivamente los límites (1s%) y (d2s%), como se describen en la norma ASTM C 670.

(Continúa)

4.7.1.2 El coeficiente de variación dentro del ensayo representa la variación esperada de la resistencia medida de los cilindros compañeros preparados con la misma muestra de hormigón y ensayados por un laboratorio a la misma edad. Los valores dados para el coeficiente de variación dentro del ensayo de cilindros de 150 mm por 300 mm son aplicables para resistencias a compresión en un rango de 15 MPa a 55 MPa y para los cilindros de 100 mm por 200 mm son aplicables para resistencias a compresión en un rango de 17 MPa a 32 MPa. Los coeficientes de variación dentro del ensayo para cilindros de 150 mm por 300 mm se obtienen de los datos del CCRL (Concrete Proficiency Sample Data), para condiciones de laboratorio y una compilación de 1 265 informes de ensayos de 225 laboratorios de ensayos comerciales en 1978 (ver nota 13). El coeficiente de variación dentro del ensayo para cilindros de 100 mm por 200 mm se obtienen de los datos del CCRL (Concrete Proficiency Sample Data), para condiciones de laboratorio (ver nota 14).

4.7.1.3 *Precisión multilaboratorio.* Se ha encontrado que el coeficiente de variación multilaboratorio para los resultados de ensayo de resistencia a la compresión en cilindros de 150 mm por 300 mm es de 5,0% (ver nota 12); por lo tanto, los resultados de los ensayos apropiadamente realizados por dos laboratorios en especímenes preparados de la misma muestra de hormigón, no deben diferir en más del 14% (ver nota 12) del promedio, (ver nota 15). El resultado de un ensayo de resistencia es el promedio de dos cilindros ensayados a la misma edad.

4.7.1.4 Los datos multilaboratorio fueron obtenidos de seis ensayos de resistencia separados, organizados a través de programas de todos contra todos (ver nota 14) donde los especímenes cilíndricos de 150 mm por 300 mm fueron preparados en una sola ubicación y ensayados por diferentes laboratorios. El rango de resistencia promedio de estos programas fue de 17,0 MPa a 90 MPa.

4.7.2 *Desviación.* Dado que no hay un material de referencia aceptado, no se hace ninguna declaración de desviación.

NOTA 13. Los datos de apoyo han sido archivados en las oficinas de ASTM Internacional y pueden obtenerse solicitando el Informe de Investigación RR: C09-1006.

NOTA 14. Los datos de apoyo han sido archivados en las oficinas de ASTM Internacional y pueden obtenerse solicitando el Informe de Investigación RR: C09-1027.

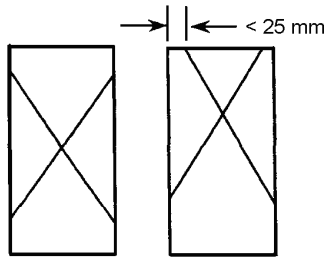
NOTA 15. La precisión multilaboratorio no incluye variaciones asociadas con diferentes laboratoristas que preparan especímenes de ensayos de muestras de hormigón divididas o independientes. Es posible que estas variaciones incrementen el coeficiente de variación multilaboratorio.

(Continúa)

ANEXO A

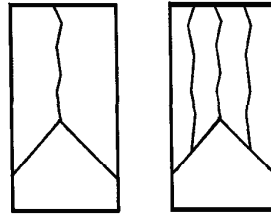
(Información obligatoria)

FIGURA 2. Esquema de los modelos típicos de fractura



Tipo 1

Conos en ambos extremos razonablemente bien formados, fisuras a través de la cabecera menor a 25 mm



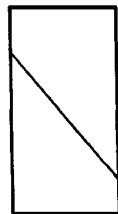
Tipo 2

Cono bien formado en uno de los extremos, fisuras verticales que recorren a través de la cabecera, cono no muy definido en el otro extremo.



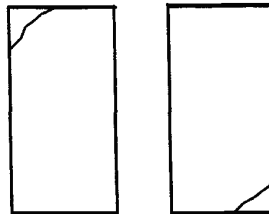
Tipo 3

Fisura vertical columnar a través de ambos extremos, conos no muy definidos.



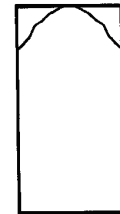
Tipo 4

Fractura diagonal sin fisuras a través de los bordes; golpear con un martillo para distinguir del Tipo 1



Tipo 5

Fracturas a los lados, en el extremo superior o en el fondo (ocurren comúnmente cuando se ensaya con neoprenos)



Tipo 6

Similar al Tipo 5, pero el extremo del cilindro está en punta

(Continúa)

APÉNDICE Z

Z.1 DOCUMENTOS NORMATIVOS A CONSULTAR

Norma ASTM C 31	<i>Práctica para hacer y curar especímenes de ensayo de hormigón en el campo.</i>
Norma ASTM C 42	<i>Método de ensayo para obtener y ensayar núcleos calados y vigas aserradas de hormigón.</i>
Norma ASTM C 192	<i>Práctica para hacer y curar especímenes de ensayo de hormigón en el laboratorio.</i>
Norma ASTM C 617	<i>Práctica para refrentar especímenes cilíndricos de hormigón.</i>
Norma ASTM C 670	<i>Práctica para la preparación de informes de precisión y desviación para métodos de ensayo para materiales de construcción</i>
Norma ASTM C 873	<i>Método de ensayo para determinar la resistencia a la compresión de cilindros de hormigón tomados en la obra en moldes cilíndricos.</i>
Norma ASTM C 1077	<i>Práctica para laboratorios de ensayo de hormigón y áridos para hormigón para uso en la construcción y criterios para la evaluación de laboratorios.</i>
Norma ASTM C 1231	<i>Práctica para uso de cabezales no adherentes en la determinación de la resistencia a la compresión de cilindros de hormigón endurecido.</i>
Norma ASTM E 4	<i>Prácticas para la verificación de la presión en máquinas de ensayo.</i>
Norma ASTM E 74	<i>Práctica para la calibración de los instrumentos que miden la presión para verificar el indicador de presión en las máquinas de ensayo.</i>

Z.2 BASE DE ESTUDIO

ASTM C 39 – 05. *Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens.* American Society for Testing and Materials. Philadelphia, 2005.

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Documento: NTE INEN 1 573 Primera Revisión	TÍTULO: HORMIGÓN DE CEMENTO HIDRÁULICO. DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE HORMIGÓN DE CEMENTO HIDRÁULICO	Código: CO 02.10-301
---	---	---------------------------------------

ORIGINAL: Fecha de iniciación del estudio:	REVISIÓN: Fecha de aprobación anterior del Consejo Directivo 1990-06-26 Oficialización con el Carácter de Obligatoria - Emergente por Acuerdo Ministerial No. 414 de 1990-08-20 publicado en el Registro Oficial No. 524 de 1990-09-18 Fecha de iniciación del estudio: 2009-09-17
--	---

Fechas de consulta pública: de _____ a _____

Subcomité Técnico: HORMIGÓN, ÁRIDOS Y MORTEROS

Fecha de iniciación: 2009-09-24

Fecha de aprobación: 2009-10-01

Integrantes del Subcomité Técnico:

NOMBRES:

INSTITUCIÓN REPRESENTADA:

Ing. Guillermo Realpe (Presidente)

FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL
ECUADOR

Ing. José Arce (Vicepresidente)

HORMIGONES HÉRCULES S. A.
INSTITUTO ECUATORIANO DEL CEMENTO Y
DEL CONCRETO. INECYC.

Ing. Jaime Salvador

ASOCIACIÓN DE PRODUCTORES DE
HORMIGÓN PREMEZCLADO DEL ECUADOR.
APRHOPEC.

Ing. Raúl Ávila

HOLCIM ECUADOR S. A. AGREGADOS
HOLCIM ECUADOR S. A. HORMIGONES
LAFARGE CEMENTOS S. A.
CÁMARA CONSTRUCCIÓN GUAYAQUIL.
UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE
LOJA

Ing. Hugo Egüez

Ing. Raúl Cabrera

Sr. Carlos Aulestia

Ing. Xavier Arce

Ing. Marlon Valarezo

Arq. Soledad Moreno

INTACO ECUADOR S. A.

Ing. Carlos González

INTACO ECUADOR S. A.

Ing. Víctor Buri

HORMIGONES HÉRCULES S. A.

Ing. Douglas Alejandro

MUNICIPIO DE GUAYAQUIL.

Ing. Verónica Miranda

COLEGIO INGENIEROS CIVILES PICHINCHA /
HORMIGONES EQUINOCCIAL

Ing. Diana Sánchez

FACULTAD DE INGENIERÍA. PONTIFICIA
UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR.

Ing. Stalin Serrano

HORMIGONES EQUINOCCIAL.

Ing. Xavier Herrera

HORMIGONERA QUITO

Ing. Mireya Martínez

CAMINOSCA CIA. LTDA.

Ing. Rubén Vásquez

CEMENTO CHIMBORAZO C. A.

Ing. Víctor Luzuriaga

INDUSTRIAS GUAPÁN S. A.

Ing. Patricio Torres

DICOPLAN CIA. LTDA.

Ing. Luis Balarezo

CUERPO DE INGENIEROS DEL EJÉRCITO

Ing. Carlos Castillo (Prosecretario Técnico)

INECYC.

Otros trámites: ♦⁵ La NTE INEN 1 573:1990 sin ningún cambio en su contenido fue **DESREGULARIZADA**, pasando de **OBLIGATORIA-EMERGENTE a VOLUNTARIA**, según Acuerdo Ministerial No. 236 de 1998-01-08 publicado en el Registro Oficial No. 321 de 1998-05-20.

Esta NTE INEN 1 573:2010 (Primera Revisión), reemplaza a la NTE INEN 1573:1990

El Directorio del INEN aprobó este proyecto de norma en sesión de 2010-03-26

Oficializada como: **Voluntaria**
Registro Oficial No. 213 de 2010-06-14

Por Resolución No. 035-2010 de 2010-04-02

**Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN - Baquerizo Moreno E8-29 y Av. 6 de Diciembre
Casilla 17-01-3999 - Telfs: (593 2)2 501885 al 2 501891 - Fax: (593 2) 2 567815
Dirección General: E-Mail: direccion@inen.gov.ec
Área Técnica de Normalización: E-Mail: normalizacion@inen.gov.ec
Área Técnica de Certificación: E-Mail: certificacion@inen.gov.ec
Área Técnica de Verificación: E-Mail: verificacion@inen.gov.ec
Área Técnica de Servicios Tecnológicos: E-Mail: inencati@inen.gov.ec
Regional Guayas: E-Mail: inenguayas@inen.gov.ec
Regional Azuay: E-Mail: inencuenca@inen.gov.ec
Regional Chimborazo: E-Mail: inenriobamba@inen.gov.ec
URL: www.inen.gov.ec**